



**SKOGSMÄSTARPROGRAMMET**  
Examensarbete 2018:03

## **Arbetsresultat efter markberedning med en tvåhövddad hängande testbänk med inversfunktion**

*Work result after site preparation with a two-headed hanging test bench for inverting*



**Martin Andersson**

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp  
Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2018:03  
SLU-Skogsmästarskolan  
Box 43  
739 21 SKINNSKATTEBERG  
Tel: 0222-349 50

## Arbetsresultat efter markberedning med en tvåhövddad hängande testbänk med inversfunktion

Work result after site preparation with a two-headed hanging test bench for inverting

*Martin Andersson*

**Handledare:** Back Tomas Ersson, SLU Skogsmästarskolan

**Examinator:** Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

**Kurstitel:** Kandidatarbete i Skogshushållning

**Kurskod:** EX0624

**Program/utbildning:** Skogsmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Skinnskatteberg

**Utgivningsår:** 2018

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Serienamn:** Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

**Serienummer:** 2018:03

**Nyckelord:** invers, högläggning, aggregat



Sveriges lantbruksuniversitet  
Skogsvetenskapliga fakulteten  
Skogsmästarskolan

## Förord

Detta examensarbete kom till efter en förfrågan från Back Tomas Ersson som ville ha hjälp med en maskinstudie. Det har varit en lärorik och lång resa med många lärdomar framförallt om svårigheterna med att göra en maskinstudie. Jag vill främst tacka min handledare Back Tomas som gav mig förtroendet att genomföra studien och vars engagemang och tålamod har gjort det möjligt för mig att slutföra detta examensarbete. Jag vill även tacka min mor som har korrekturläst och kommit med råd. Jag vill även rikta ett tack till Jukka Alakorpi på Bracke Forest som har kommit med råd och även gjorde tryckmätningarna. Jag vill även tacka Kjell Berg på BSM Verkstad som även har konstruerat aggregatet och var behjälplig under studien. Stort tack även till Harald Andersson som är förare och ägare till grävmaskinen som användes till studien. Jag vill även rikta ett tack till Lars-Göran Sundblad på Skogforsk som kommit med olika råd.

Vill även rikta ett tack till Lena Jonsson på Skogstekniska klustret som tillsammans med Bracke Forest har finansierat detta examensarbete, och Urban Bergsten vid SLU, Umeå. Jag vill också tacka alla andra som har varit till hjälp att färdigställa detta arbete som inte nämnts här.



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Abstract .....	1
2. Inledning .....	3
2.1 Bakgrund .....	3
2.2 Problemformulering .....	4
2.2.1 Inversmarkberedning .....	5
2.3 Kranspetsmonterat markberedningsaggregat .....	5
2.4 Maskinell plantering .....	5
2.5 Avgränsning .....	6
2.6 Syfte .....	6
2.7 Hypoteser .....	6
3. Material och metoder .....	7
3.1 Aggregatet .....	7
3.2 Försökslokalen .....	9
3.3 Datainsamlingen .....	10
3.4 Bedömning av planteringspunkternas kvalitet .....	13
4. Resultat .....	15
4.1 Karaktärisering av högarna .....	15
4.2 Andel godkända punkter .....	17
4.3 Tryckmätning .....	18
4.4 Tidsåtgång .....	19
5. Diskussion .....	21
5.1 Aggregatets resultat .....	21
5.2 Aggregatets prestanda .....	21
5.3 Studiens styrkor och svagheter .....	22
5.4 Praktisk implementering och framtida studier .....	22
5.5 Slutsatser .....	23
6. Sammanfattning .....	25
7. Referenslista .....	27
7.1 Publikationer .....	27
7.2 Internetdokument .....	29
7.3 Personlig kommunikation .....	29
Bilaga 1 .....	30
Bilaga 2 .....	31
Bilaga 3 .....	32



# 1. ABSTRACT

Today, inverting is performed mostly using crane-mounted devices. These devices must increase their productivity in order to become more cost-competitive. One way to increase productivity is to make a two-headed device that can prepare the soil using both inverting and mounding.

The purpose of this study was to evaluate a two-headed test bench with an inverting and mounding function. The study aimed to characterize the planting spots, judge the site preparation result, and measure the hydraulic pressure required to produce acceptable planting spots on soils with varying frequencies of obstacles.

The study was conducted in Alvesta, Småland at the site of a future industrial area. The soil was a typical rocky Swedish moraine/till. The study comprised 29 crane stops on humus-covered forest soil. Each crane stop had been pre-marked and characterized using the Swedish Terrain Classification System. A number of crane stops were also evaluated on soil lacking humus layers. All crane stops were filmed to assist the data analysis.

Instead of inverting, the test bench only succeeded in mounding. On average, shallowly dug spots disturbed an area of 82dm<sup>2</sup>, and deeply dug spots disturbed 87dm<sup>2</sup>. The mounds measured, on average, 20dm<sup>2</sup> at both the deeply and shallowly dug spots. Thus, the device's theoretical total site disturbance when mounding was 16% (assuming 2000 mounds/hectare). If properly performed, inverting would have the theoretical potential to reduce the device's total site disturbance to 12%. The percentage of satisfactory planting spots was 55%, which was acceptable given that the test bench had an incomplete working method. The results also pointed towards a link between higher obstacle frequencies and lower proportions of acceptable planting spots.

At the start of the study, it was noted that the device constantly worked at maximum pressure when the buckets were digging in obstacle-free ground. This indicated that the test bench's hydraulic system was too weak. Digging shallowly partially compensated for this hydraulic weakness. Shallow digging also resulted in the device being less affected by obstacles in the ground. To get an indication of the test bench's efficiency, I also measured the device's time consumption when mounding at different soil obstacle frequencies. My hypothesis was that more obstacles would result in higher time consumption. The results supported the hypothesis, but the support was very weak.

One of the conclusions of the study is that the goal of soil preparation should be to make as shallow soil preparation spots as possible, as this results in a lower power requirement, that the device is less affected by obstacles, and less soil disturbance.



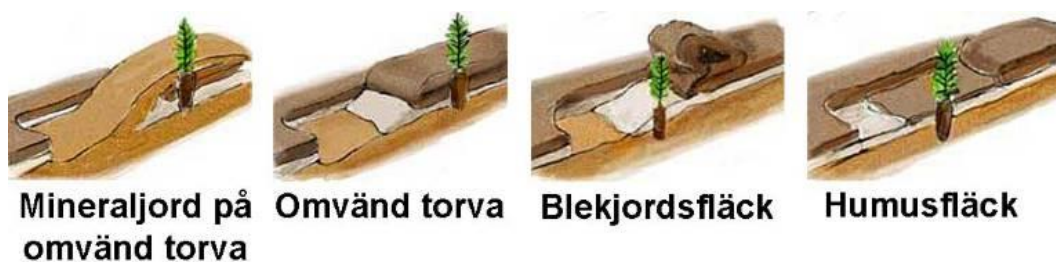


## 2. INLEDNING

### 2.1 Bakgrund

Idag görs det markberedning på stora delar av arealen som föryngras i Sverige. Det görs för att ge trädplantorna bättre förutsättningar att överleva samt ge dem en snabbstart (Hjort, 2011). Markberedning är positivt för att säkerställa en god föryngring och ger plantorna en bra start. Däremot är det inte alltid en nödvändig åtgärd (Magnuson, 2009). Den markberedning som utförs idag är till allra största delen mekaniserad (Andersson & Brunberg, 1991). Enligt Skogsstatistiskårsbok (2014) markbereddes år 2010-2013 i genomsnitt 82 % av den föryngrade ytan i Sverige. Det görs till största delen av markberedningsmaskiner och till viss del av grävmaskiner (Löf m.fl. 2015). Markberedning har många fördelar som exv. en allmänt minskad konkurrens om ljus, vatten och näring, samt en minskad risk för snytbaggepredation. En omvänd torva med mineraljord ovanpå (Figur1) är oftast den mest optimala planteringspunkten. Detta på grund utav att det dubbla humuslagrets nedbrytning ger en god tillgång på näring. Dock föreligger det en risk för uttorkning på torra marker samt områden med risk för försommartorka (Bäcke m.fl. 1986).

Föryngring sker oftast genom att det först markbereds och sedan sätts trädplantor. Planteringen som utförs är till största delen manuell och görs oftast med täckrotsplantor och planteringsrör, men en liten andel planteras även maskinellt (Ersson, 2014).



*Figur 1. Bilder på olika typer av markberedningshögar- Källa: Skogforsk, Länk A. Illustration: Anna Morci.*

Markberedning har även vissa nackdelar, bland annat är det väldigt kostsamt eftersom det kommer tidigt i omloppstiden. Det blir särskilt kostsamt i södra Sverige där hyggena är mindre (Skogsstatistiskårsbok 2014) och vegetationen är frodigare (Löfgren & Westling, 2002). Andra problem är att konventionell markberedning anses ha en förfulande effekt på landskapet enligt allmänheten

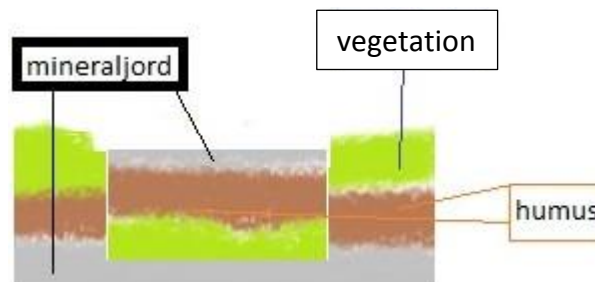
(Mattsson & Li. 1994). Det är även ett problem med näringsläckage från kalhyggen (Akselsson m.fl. 2004, Magnuson, 2009). Ett sätt att minska nackdelarna med markberedning är att ståndortsanpassa den. När en markberedning ståndortsanpassas väljs den markberedningsmetod som är optimerad för just den aktuella platsen (Bäcke m.fl. 1986).

Genom att djupplantera minskar risken för torka och kvalitén på planteringen blir hög. Djupplantering gör Bracke P11.a bra och dödligheten blir därför låg. Enligt en studie av Ersson och Petterson (2013) var plantdödligheten med Bracke P11.a 5 %, jämfört med harv följt av manuellplantering där plantdödligheten var 25 %.

Då de allra flesta aggregat som finns tillgängliga för maskinell plantering är kranspetsmonterade och kommer så att förbli under överskådlig framtid. På grund av detta är det nödvändigt att öka produktionen på dessa aggregat om de skall bli konkurrenskraftiga (Ersson, 2014).

## 2.2 Problemformulering

För att kunna minska de problem som nämnts i tidigare kapitel har olika markberedningsmetoder utarbetats. En metod är att höglägga istället för att harva då detta ger en mindre markpåverkan än harvning. En annan metod är att invertera markberedningen, den metoden beräknas ha den minsta markpåverkan.



Figur 2. Konceptuell skiss av en inverterad punkt med humus underst och mineraljord överst.

### **2.2.1 Inversmarkberedning**

Inversmarkberedning är ett sätt att markbereda som ger en låg markpåverkan samtidigt som den har en positiv påverkan på plantmiljön. Inversmarkberedning fungerar så att den omvända högen eller tiltan läggs tillbaka på samma punkt som den kom ifrån (se Figur 2.)

Nya metoder har utarbetats för att kunna göra inversmarkberedning eftersom det sätt som använts hittills har varit grävmaskin med skopa eller kranspetsmonterade aggregat. Det finns flera olika sätt som har testats för att kunna göra inversmarkberedning mer kostnadseffektiv. Ett sätt är att göra ett aggregat som kan arbeta på en kontinuerligt framryckande maskin. Det har tagits fram några markberedningsaggregat för kontinuerligt framryckande maskiner (Sundblad, 2008. Sundblad, 2009. Länk B: Sundblad & Hajek 2015).

## **2.3 Kranspetsmonterat markberedningsaggregat**

Att markbereda med kranspetsmonterade aggregat är idag förhållandevis dyrt då de arbetar långsamt jämfört med en kontinuerligt framryckande maskin (Sundblad, 2008). Den flesta kranspetsmonterade aggregat är monterade på grävmaskiner (Ersson 2014). På svårare terräng har kranspetsmonterade aggregat visat sig vara lönsammare än konventionella aggregat men i övrigt är konventionella aggregat billigare. (Johansson, 2016). För att kunna konkurrera med en konventionell markberedningsmaskin måste de kranspetsmonterade aggregaten bli mer kostnadseffektiva. Ett sätt att göra detta är att öka produktiviteten samt att göra aggregaten driftsäkra utan att överdimensionera dem för mycket. Om aggregatet är bra dimensionerat så blir det billigare att producera och billigare att använda utan att det påverkar driftsäkerheten nämnvärt. För en minskad skillnad i kostnad mellan manuell och mekanisk plantering måste således den mekaniska planteringen bli billigare. Det görs enklast genom en ökad produktivitet. Ett sätt att öka produktiviteten är att bygga ett aggregat som kan plantera fler plantor samtidigt. Ett tvåhövdat aggregat har även visat god potential i teoretiska studier (Ersson 2014). Även en praktisk studie gjord av Rantala m.fl. (2009) där M-planter och Bracke Planter jämfördes tyder på att ett tvåhövdat aggregat har en högre produktionspotential. I den studien var snitt-produktionen för Bracke P11.a 178 plantor/timme och M-Plantern var 240 plantor/timme. Andra praktiska studier som genomförts med tvåhövdade kranspetsmonterade aggregat visar på samma tendens (Brunberg & Fries 1985, Normark och Norr 2002).

## **2.4 Maskinell plantering**

Trots det maskinella planteringsaggregatets fördelar är det förhållandevis dyrt jämfört med att markbereda maskinellt och sedan plantera manuellt. Detta kommer sig av att de aggregat som finns för maskinell plantering är kranspetsmonterade och arbetar långsamt (Ersson 2014). Den maskinella plantering som görs i Sverige görs oftast med Bracke P11.a (Ersson 2015). Plantering med Bracke P11.a resulterar generellt i kompakta

markberedningshögar och djupplantering, allt i samma kransekvens. Detta medför en högre plantöverlevnad än maskinell markberedning följt av operativ manuell plantering (Ersson & Petersson 2013). Men maskinplantering är fortfarande förhållandevis dyrt jämfört med maskinell markberedning följt av manuell plantering. För att få ner kostnaderna för maskinell plantering måste produktiviteten öka och kostnaderna minska. Genom att göra ett tvåhövdat aggregat ökar produktiviteten avsevärt (läs mer kapitel 2.4). Ett sätt att få ner produktions- och driftskostnaderna är att dimensionera aggregatet korrekt. För att kunna göra ett väldimensionerat aggregat behövs kunskap om vilka krafter som aggregatet ska kunna hantera. Det här examensarbetet har som delsyfte att ta reda på vilka krafter som ett sådant aggregat ska kunna hantera.

## **2.5 Avgränsning**

Studien avgränsades till att handla om ett tvåhövdat testbänksaggregat. Testbänksaggregatet togs fram inom ett samarbete mellan SLU, Skogforsk och BSM Verkstad i Alvesta och som finansierades av Södra skogsägarnas forskningsstiftelse. Testbänksaggregatet monterades på en grävmaskin och kallades tvåhövdat Karl-Oskar, som här i rapporten förkortas 2hKO (Ersson 2015). Studien omfattade inte andra aggregat eller test av aggregatet på någon annan basmaskin.

## **2.6 Syfte**

Detta examensarbete hade som syfte att karaktärisera och bedöma markberedningsresultatet som åstadkommits med ett inversmarkberedande testbänksaggregat i hängande utförande.

Ett ytterligare delsyfte med studien var att mäta hur mycket tryck aggregatet krävde för att kunna höglägga och inversmarkbereda på skogsmark. Denna kunskap var av intresse för att kunna dimensionera framtida markberedningsaggregat på kostnadseffektiva sätt.

## **2.7 Hypoteser**

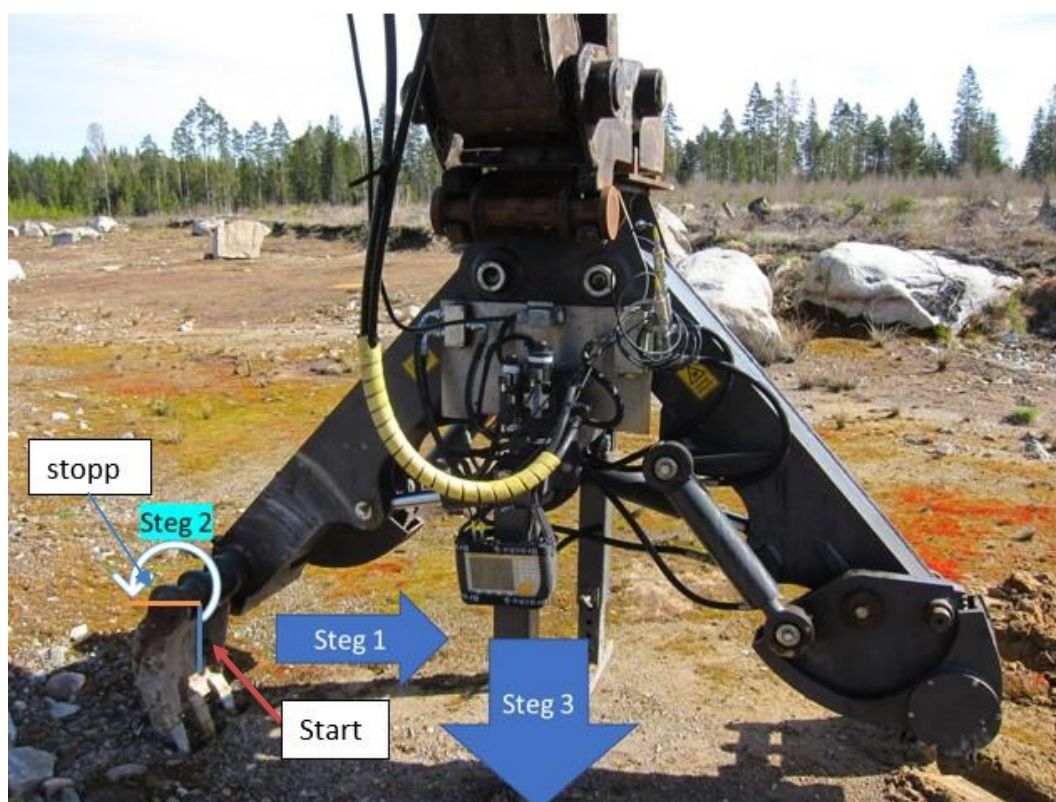
Studien utgår från de följande två hypoteserna:

- ökat motstånd i marken medför en ökad tidsåtgång för grävmomentet.
- fler hinder gör att antalet godkända planteringspunkter minskar.

## 3. MATERIAL OCH METODER

### 3.1 Aggregatet

För studien behövdes en basmaskin för att köra testbänksaggregatet. För den här studien användes en Volvo 210 grävmaskin på 21 ton utan rotortilt (Figur 6). Aggregatet har en vikt på ca 1 ton och höjden var uppskattningsvis ca 2 m (Figur 3). Längd mellan skoporna med saxarmarna isärdragna var 410 cm och längden mellan skoporna med saxarmarna ihopdragna var 210 cm. Måttet på skopans djup (mellan botten och tandspets) var 25 cm. Måtten som behövdes för att göra tryckberäkningarna kan ses i Figur 5. Eftersom det var kranspetsmonterat använde sig aggregatet av riktad markberedning. Riktad markberedning innebär att föraren bestämmer exakt var det ska markberedas. För aggregatets arbetssätt, se Figur 3 och Figur 4.



Figur 3. Aggregatets arbetssätt i tre steg. Steg 1: armarna förs ihop mot varandra. Steg 2: skoporna roterar ungefär 270 grader motsols (från den sida man ser skopan på). Den mörka linjen visar skopornas startläge och den ljusa linjen skopornas stopplinje. Steg 3: skoporna tryckte till högarna.





Figur 4. Aggregatet när saxarmarna drar ihop sig (vänster), och när aggregatet trycker ihop högarna (höger).



Figur 5. Måtten som behövdes för att kunna göra tryckberäkningarna. Bilden är på en äldre version av 2hKO med andra skopor som var platta och inte hade några tänder. (Bild: Jukka Alakorpi, Bracke Forest).



Figur 6. Aggregatet monterat på grävmaskinen (vänster), och de nya skoporna på aggregatet (höger). Bilder: Jukka Alakorpi, Bracke Forest.

### 3.2 Försökslokalen

Området som valdes ut var ett planerat industriområde längs väg 25 väster om Alvesta, Kronobergs län. Lokalen var varierande då det fanns både höglänta och låglänta partier. Marken var en moränmark som är stenig vilket passade för studien då det erbjöd gott om hinder (Figur 7, övre bilden). Skogsmarken på lokalen klassades som frisk. På lokalen fanns även en del där det inte fanns något humusskikt, och där utfördes testerna för hinderfritt (Figur 7, nedre bilden).



Figur 7. Bilder av försöksområdet: skogsmarken (överst) och marken utan humusskikt (nederst).  
(Nedre foto: Jukka Alakorpi, Bracke Forest)

### 3.3 Datainsamlingen

För varje kranstopp noterades GYL och MBT klassen (förklaring till förkortningarna ses i punktlistan nedan) enligt terrängtypschemat (Berg 1995).

- G=Grundförhållanden
- Y=Ytstruktur
- L=Lutning
- M=Markförhållanden
- B=Blockkvot
- T=Trädrester

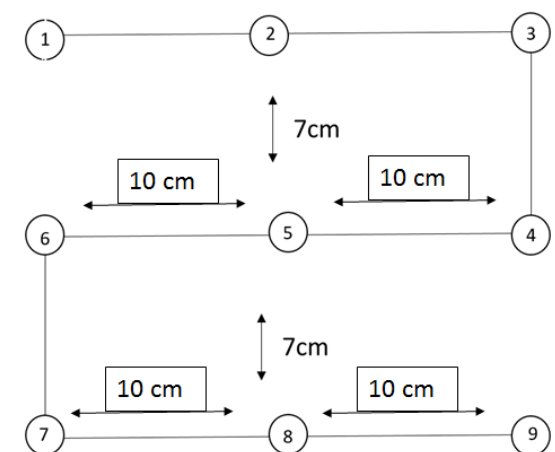
För varje planteringspunkt bedömdes följande parametrar:

- MBT:en enligt terrängtypschemat (i B [blockkvoten] räknades även rötter med och därför representerade B hinderkvot istället för blockkvot).
- om planteringspunkt 1 är godkänd eller ej.
- om planteringspunkt 2 är godkänd eller ej.
- ståndortens markfuktighetsklass (torr, frisk, fuktig eller tjock humus).



- ytskiktets komposition (mineraljord, humusblandad mineraljord, bearbetad humus eller obearbetad humus).

För varje markberedningspunkt bedömdes hinderkvoten genom nio 20 cm-djupa nedstick med jordsond enligt ett förutbestämt mönster och avstånd (Figur 8 och Tabell 1). Humustjockleken mättes med marksonden. För att bestämma vilken jordart som fanns på området gjordes ett rullprov av jorden.



Figur 8. Mönstret som användes att bestämma hinderkvoten på varje planeringspunkt. Varje cirkel representerar ett nedstick och numren i vilken turordning nedsticken gjordes.

Tabell 1. Fördelningen av planeringspunkterna som förekom i fältstudien baserat på antalet nedstick mot hinder. Med hinder menas sten, block och rötter. Hinderkvoten delas in i klasser enligt samma princip som blockkvoten (Berg 1995).

<i>Antal nedstick mot hinder</i>	Hinderklass	<i>Antal planeringspunkter</i>	<i>Frekvens</i>
0	1	14	24%
1	2	9	16%
2	3	8	14%
3	3	6	10%
4	4	4	7%
5	4	7	12%
6	5	3	5%
7	5	4	7%
8	5	0	0%
9	5	3	5%
<i>Summa</i>		58	100%

Innan maskinen kom till området hade 120 kranstoppsplatser valts ut subjektivt och markerats på skogsmarken (Figur 9, vänster). Parametern som användes för att välja ut områdena var hinderkvoten, eftersom det var den parameter som antogs skulle komma påverka tryckbehovet mest (Figur 9 höger).



Figur 9. Pinnen marker ett kranstoppsplatscentrum och de gröna punkterna ca 1,5 meter från kranstoppscentrum var där hinderkvoten bedömdes (vänster). Hinderkvoten och humustjockleken bedömdes med hjälp av en jordsond (höger).

Aggregatets arbete filmades för att i efterhand kunna studera arbetssättet. Filmerna kom även att vara till hjälp under analysen. Om något värde såg konstigt ut gick det med hjälp av filmen att se om exempelvis aggregatet hade fastnat i en stubbe eller sten (Figur 10).



Figur 10. Flytt av kameran för att filma aggregatet när det arbetar. (Foto: Jukka Alakorpi, Bracke Forest)

Under tiden som studien genomfördes mättes trycket som aggregatet använde för att göra skoprörelserna. För att mäta det erforderliga trycket som hydraulsystemet behövde ge användes tryckgivare som var kopplade till hydraulslangen vid kranspetsen och ett mätinstrument (Figur 11 vänster). Mätningen gick till så att aggregatet sattes ned på marken där det skulle markberedas sedan startades mätningen manuellt. När aggregatet hade genomfört ett grävmoment stoppades mätningen manuellt (Figur 11 höger). Sedan kopplades mätinstrumentet till en dator och mätningarna kunde skrivas ut, en för varje kranstoppsplats. Detta gjordes för att i senare stadie kunna beräkna det erforderliga trycket (Bilaga 2).



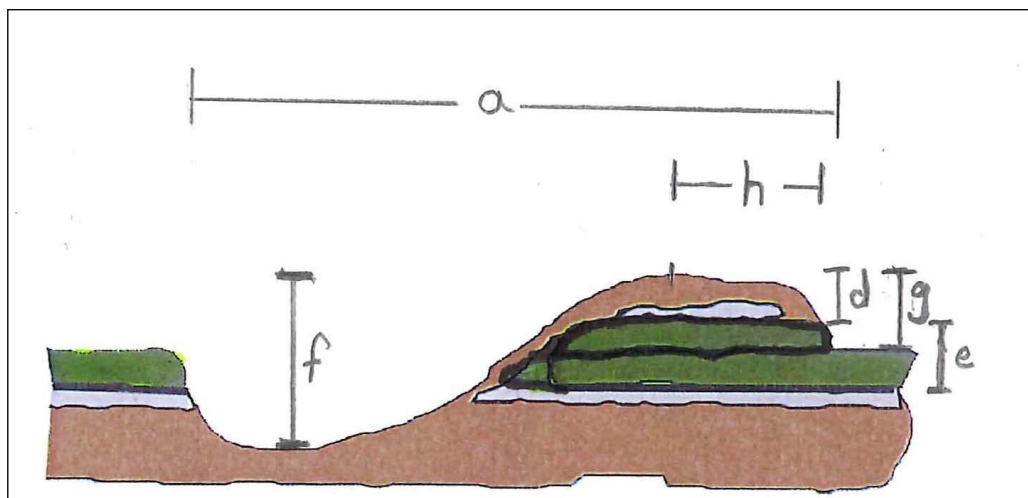
Figur 11. Mätinstrumentet och tryckgivarna fastspända på testbänksaggregatet (vänster, foto: Jukka Alakorpi, Bracke Forest). Manuell startande av mätningen inför en grävsekvens (höger).

### 3.4 Bedömning av planteringspunkternas kvalitet

När maskinen var klar bedömdes planteringspunkterna som godkända eller underkända enligt Södra skogsägarnas markberedningsstandard (Petersson & Lindén 2010) på frisk mark. För att en planteringspunkt skulle godkännas var kriterierna att den var mineraljordstäckt, hade minst 10 cm till humuskant, och att planteringspunkten ej var mer än 5 cm under markytan.

De högar som var godkända karaktäriserades enligt följande parametrar (se Figur 12 för en förklaring till de flesta måtten):

- a) maxlängden på störd yta:
- b) maxbredden på störd yta:
- c) ytskiktets komposition:
- d) tjockleken på ytskiktet:
- e) tjockleken på det begravnade humusskiktet:
- f) höjden mellan gropens botten och ytskiktets topp:
- g) planteringspunktens höjd över omgivande mark:
- h) planteringspunktens minimiavstånd till humuskant:



Figur 12. Skissförklaring av 6 av 8 mått för karakterisering av högar som skapades under fälttestet. Skiss från Ersson (2015)

## 4. RESULTAT

Inversmarkberedning kunde inte göras på grund av att saxarna inte kunde dra ihop sig långt nog. Istället utförde testbänken högläggning. Fältstudien resulterade i att det gjordes 29 respektive 57 kranstoppsplatser på skogsmark och mark utan humusskikt. Körningarna gjordes på två olika djupa inställningar, där den djupare var 25–30 cm och den grundare 15–20 cm. På skogsmarken gjordes 22 av kranstoppsplatserna med den djupa inställningen och 7 med den grunda. På marken utan fältskick gjordes 20 kranstoppsplatser med den djupa inställningen och 37 med den grunda.

### 4.1 Karaktärisering av högarna

På marken utan humusskikt var den störda ytan 56 dm<sup>2</sup> och 90 dm<sup>2</sup> för grunda respektive djupa punkter (Tabell 2), vilket innebär att det djupa punkterna störde 1,6 gånger större areal än de grunda punkterna. På skogsmarken var den störda markens area 82dm<sup>2</sup> och 87dm<sup>2</sup> för de grunda respektive djupa punkterna. Arealen på själva högarna var 20 dm<sup>2</sup> för både de djupa och de grunda planteringspunkterna. Det innebär att den störda ytans area på bägge djupen var mer än fyra gånger större än högens area (Tabell 2).

På marken utan humusskikt blev högarna på den djupa inställningen mindre än de med en grundare inställning. Detta kan bero på att jorden var fuktigare där de djupa punkterna gjordes så jorden inte spreds ut lika mycket. En annan mer trolig förklaring är att mer jord ramlade tillbaka i hålet som aggregatet gjorde på grund av att hålet blev längre.

Tabell 2. Fysiska mått i medeltal på högarna samt storlek i förhållande till skopans mått. När högens höjd i förhållande skopans storlek beräknades användes skopans skåldjup som referens. Med "-" menas att måtten inte var relevanta för studien.

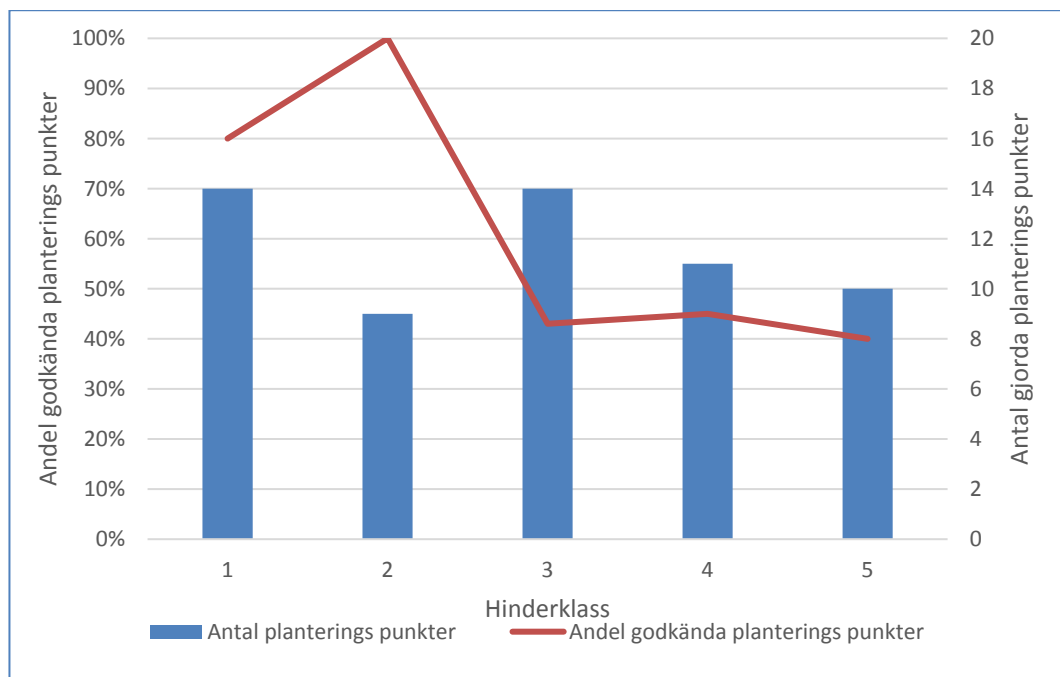
	<i>Max- längd på störd yta (cm)</i>	<i>Max- bredd på störd yta (cm)</i>	<i>Höjden mellan gropens botten och ytskiktets topp (cm)</i>	<i>Tjock- leken på yt- skiktet (cm)</i>	<i>Tjock- leken på det begravda humus- skiktet (cm)</i>	<i>Högens längd (cm)</i>	<i>Högens bredd (cm)</i>	<i>Högens höjd (cm)</i>	<i>Planterings- punktens höjd över omgivande mark (cm)</i>	<i>Planterings- punktens minimi- avstånd till humuskant (cm)</i>	<i>Area på den störda ytan (dm<sup>2</sup>)</i>	<i>Högens area (dm<sup>2</sup>)</i>
<i>Grunda punkter utan humussock</i> <sup>1)</sup>	140	40	45	-	-	40	40	20	-	-	56	16
<i>Djupa punkter utan humussock</i> <sup>1)</sup>	150	60	60	-	-	30	45	25	-	-	90	13,5
<i>Grunda punkter på skogsmark</i>	111	74	29	8	13	48	43	10	8	16	82	20
<i>Djupa punkter på skogsmark</i>	136	64	34	9	14	47	44	12	8	17	87	20
	<b>Måtten på högen i förhållande till skopornas mått</b>											
<i>Grunda punkter utan humussock</i>	237%	125%	180%	-	-	68%	125%	80%	-	-	299%	85%
<i>Djupa punkter utan humussock</i>	254%	188%	240%	-	-	51%	141%	100%	-	-	480%	72%
<i>Grunda punkter på skogsmark</i>	188%	231%	116%	32%	52%	123%	134%	40%	32%	64%	432%	109%
<i>Djupa punkter på skogsmark</i>	231%	200%	136%	36%	56%	26%	138%	48%	32%	68%	458%	109%

<sup>1)</sup>Endast medelvärde på punkter som inte stöddes av hinder



## 4.2 Andel godkända punkter

Andelen godkända punkter var högst i de lägsta hinderklasserna och lägst i de högre hinderklasserna (Figur 13). Genomsnittet av godkända punkter sett över alla punkter och hinderklasser var 55 %. En typisk godkänd punkt var mineraljord på omvändtorva och hade i genomsnitt 16-17cm mineraljord till närmaste humuskant (Tabell 2, Figur 14 vänster). Anledningen till att en planteringspunkt blev underkänd var oftast att det inte fanns nog med mineraljord på högen, det vill säga att minimumavståndet till humuskant var <10 cm. Orsaken till att en planteringspunkt blev underkänd var ofta att skoporna högg tag i ett större hinder (Figur 14 höger).



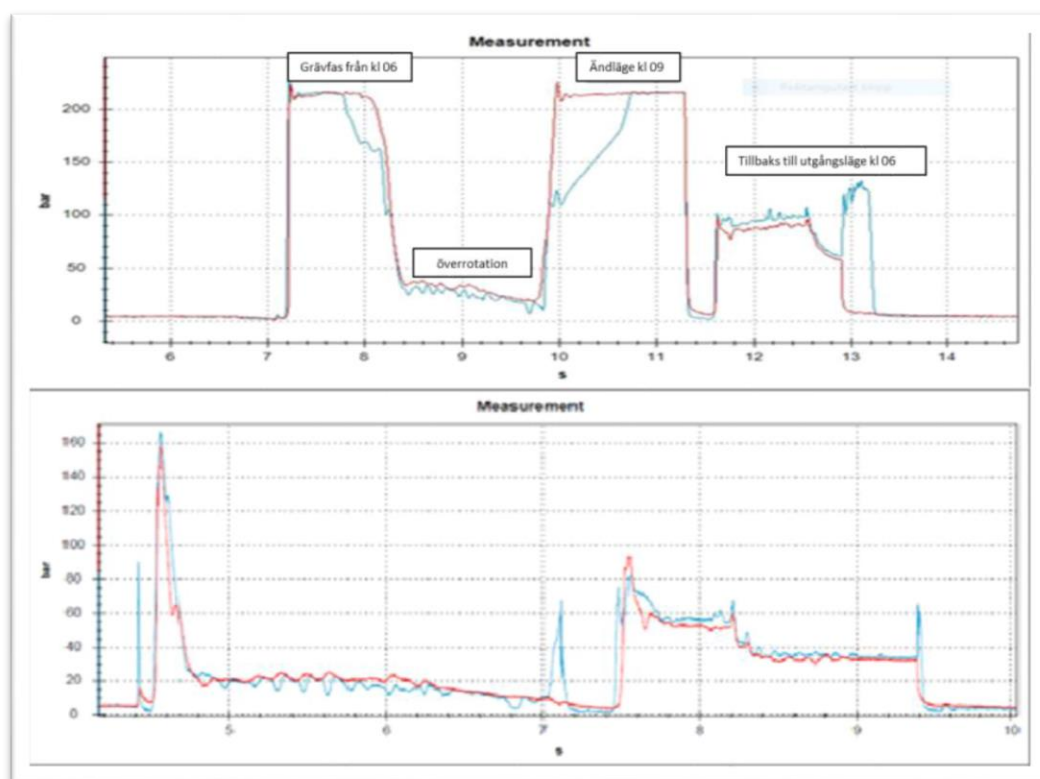
Figur 13. Andelen godkända planteringspunkter (vänstra y-axeln) och antalet gjorda planteringspunkter (högra y-axeln) per hinderklass (x-axeln). Se 3.3 för förklaring av hinderklass.



Figur 14. En typisk godkänd planteringspunkt bestod av mineraljord på omvändtorva (vänster), samt ett exempel på en underkänd planteringspunkt beroende på att en av skoporna fastnade i en sten.

### 4.3 Tryckmätning

Aggregatets hydraulsystem var för svagt på skogsmark och det högsta möjliga maxtrycket registrerades nästan alltid (Figur 15 övre). En typisk mätcykel från studiens tryckmätningar kan ses i Figur 15 (övre).



Figur 15. Tryckmätningsskurvor för två grävsekvenser, på medelsvår mark med djupare inställningen (25-30 cm grävdjup, övre bild) och på mark utan humusskikt med grundare inställningen (15-20 cm grävdjup, undre bild). Varje bild har två kurvor, en för varje skopa. Y-axeln visar trycket och x-axeln visar tidsåtgången. Bild: Jukka Alakorpi, Bracke Forest, 2017-05-03.

Under mätningarna på marken utan humusskikt med grundare inställning blev det registrerade maxtrycket (uträknat på skopans tandspetsar, se Bilaga 2 för insikt i uträkningen) 1051 kPa och det lägst registrerade trycket var 525 kPa. Det innebär att tryckbehovet blev det dubbla om något större hinder förekom. Maxtrycket på de grunda punkterna registrerades på endast 72 % av kranstoppsplatserna på mark utan humusskikt. De djupa punkterna på mark utan humusskikt krävde alltid maxtryck (ej redovisat resultat).

De grunda punkterna på skogsmark registrerade ett minimitryck på 239 kPa och ett maxtryck på 1051 kPa. Maxtrycket som registrerades var alltid 1051 kPa på grund av att aggregatet inte kunde leverera mer tryck.



Tabell 3. Uppmätta minimum, maximum och medianvärden fördelat på olika klasser av planteringspunkter. Aggregatet kunde maximalt prestera 1051kPa

<b>Tryckbehov i kilopascal (kPa)</b>			
<b>Planteringspunkter</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Median</b>
<b>Alla punkter</b>	239	1051	1051
<b>Djupa punkter</b>	669	1051	1051
<b>Grunda punkter</b>	239	1051	1003
<b>Godkända punkter</b>	669	1051	1051
<b>Hinderklass 1</b>	955	1051	1051
<b>Hinderklass 2</b>	669	1051	1051
<b>Hinderklass 3</b>	860	1051	1051
<b>Hinderklass 4</b>	1051	1051	1051
<b>Hinderklass 5</b>	1051	1051	1051

#### 4.4 Tidsåtgång

På den djupare inställningen var saxrörelsens medeltidsåtgång 6,2 s/kranssekvens och på den grundare inställningen var tidsåtgången 3,3 s/kranssekvens (Tabell 4). Detta innebar att tidsåtgången för det rörelsemomentet var 1,9 gånger högre med den djupare inställningen jämfört med den grundare. Det var också det rörelsemoment där differensen var störst både relativt sett och sett till antal sekunder.

Aggregatet skapade 2 planteringspunkter per kransekvens. Totalt sett hade aggregatet en medeltidsåtgång på 6,6 s/planteringspunkt. På de godkända planteringspunkterna var tidsåtgången 6,2 s/planteringspunkt. De grunda punkterna hade en medeltidsåtgång på 5,1 s/planteringspunkt, medan de djupa hade en medeltidsåtgång på 7,1 s/planteringspunkt. Det innebar att den djupare inställningens tidsåtgång var 1,4 gånger högre jämfört med den grundare inställningen (Tabell 4).

Tabell 4. Medeltidsåtgången för testbänksaggregatets olika rörelsemoment mätt i sekunder (s). Aggregatet skapade två planteringspunkter per kransekvens

<b>Planteringspunkter</b>	<b>Per kransekvens</b>		<b>Per planteringspunkt</b>		<b>Totaltid (s)</b>
	<b>Sax-rörelse (s)</b>	<b>Skop-rörelse (s)</b>	<b>Sax-rörelse (s)</b>	<b>Skop-rörelse (s)</b>	
<b>Alla punkter</b>	5,6	7,6	2,8	3,8	6,6
<b>Grunda punkter</b>	3,3	6,8	1,7	3,4	5,1
<b>Djupa punkter</b>	6,2	8,0	3,1	4,0	7,1
<b>Godkända punkter</b>	5,4	7,0	2,7	3,5	6,2
<b>Hinderklass 1</b>	4,4	7,8	2,2	3,9	6,1
<b>Hinderklass 2</b>	5,6	7,0	2,8	3,5	6,3
<b>Hinderklass 3</b>	5,8	7,4	2,9	3,7	6,6
<b>Hinderklass 4</b>	5,0	5,8	2,5	2,9	5,4
<b>Hinderklass 5</b>	6,8	6,4	3,4	3,2	6,6



## 5. DISKUSSION

### 5.1 Aggregatets resultat

Testbänksaggregatet klarade inte att inversmarkbereda utan höglade istället, och markberedningshögarna som aggregatet åstadkom hade i medeltal en area på 20 dm<sup>2</sup>. Det ger en teoretisk störd yta på 4 % per hektar om man räknar på 2000 planteringspunkter per hektar. Under studien påverkade aggregatet 82 dm<sup>2</sup> markyta för varje planteringspunkt som skapades. Om man antar att aggregatet skulle göra 2000 planteringspunkter per ha blir den påverkade markytan ca 16 %. I Sjögren (2013) störde Bracke Plantern en yta på 22 %. Harvning påverkar ungefär 33–54 % av markytan (Eriksson & Raunistola 1990, Bäcke m.fl. 1986). Högläggning har en markpåverkan på cirka 20 % vid 2000 planteringspunkter per hektar (Karlsson 2016). Det visar på att konceptet har lite lägre markstörning än andra aggregat och skulle därför ha en viss potential på marker där låg markstörning är prioriterat.

Ett mönster som uppstod under studien var att fler hinder resulterade i lägre andel godkända punkter. I genomsnitt var andelen godkända planteringspunkter 55 %. I den tidigare studien av Ersson (2015) var 94 % av punkterna godkända. I Ersson (2015) användes en före detta potatisåker med 0 % i blockkvot vilket kan förklara att andelen godkända punkter var högre i den studien. Detta ger stöd till min slutsats att fler hinder minskar antalet godkända planteringspunkter.

### 5.2 Aggregatets prestanda

Om man antar att tidsåtgången för att flytta basmaskinen är 1,4 s/planteringspunkt (Sundblad 2009) och kranrörelsen är 5 s/planteringspunkt (Ersson 2015), då blir aggregatets prestation 269 planteringspunkter/G0-timme på de djupa punkterna. På de grunda punkterna blir det en prestation på 316 planteringspunkter/G0-timme. Det är en prestationsskillnad på 47 planteringspunkter/G0-timme, vilket pekar på att prestationen påverkas av grävdjupet.

I Erssons (2015) studie var medelprestationen 336 planteringspunkter/G0-timme. I studien som jag genomförde var prestationen på 316 planteringspunkter/G0-timme (på de grunda punkterna), vilket innebär en något lägre prestation. Men studien som Ersson (2015) genomförde var på enklare mark och skoporna var annorlunda utformade. Det kan vara en förklaring till att prestationen var högre. Det pekar också på att prestationen blir högre om det är färre hinder i marken.

Testbänksaggregatets prestation på de godkända planteringspunkterna var 290 planteringspunkter/G0-timme (trots ett underdimensionerat hydraulsystem och att testbänken krävde flera manuella styrmoment). En grävmaskin med vanlig grävskopa kan vid inversmarkberedning prestera 255 planteringspunkter/G0-timme (Saksa m.fl.2002). Vid den jämförelsen är resultatet lovande och visar på att om 2hKO skulle kunna klara att inversmarkbereda skulle det kanske kunna

fylla en viss nisch inom skogsbruket. I Sundblads (2009) studie presterade Karl-Oskaraggregatet 370 planteringspunkter/G0-timme, vilket är 54 planteringspunkter/G0-timme högre än testbänken. Det är dock värt att notera att föraren i Sundblads (2009) studie var skickligare än de flesta är med Karl-Oskaraggregatet (Henrik von Hofsten, Skogforsk, pers. komm. 2015 i Ersson 2015).

### **5.3 Studiens styrkor och svagheter**

Testbänkens hydraulsystem var otillräckligt så vi kunde inte testa tryckbehovet vid olika hinderklassificeringar. Eftersom hydraulsystemet var underdimensionerat var aggregatet tvunget att jobba på max när skoporna stötte på hinder. Alltså gick det inte att säga något om tryckbehovet i relation till hinderkvoten. Mätningen av hinderkvoten gjordes bara ned till 20 cm djup, men aggregatet arbetade många gånger djupare så det kan ha funnits fler hinder i marken som inte noterades.

Datainsamlingsmetoden var precis och gav en tydlig bild av hur marken såg ut vid varje kranstoppsplats. Tillsammans med filmningen och karaktäriseringen fick jag en klar bild av hur aggregatet arbetade samt dess styrkor och svagheter.

### **5.4 Praktisk implementering och framtida studier**

I framtida studier av markberedning bör man fokusera mer på hur djupt aggregaten jobbar då detta visade sig ha en avsevärd påverkan på tryckbehovet. Det kunde även vara av intresse att se över aggregatets arbetssätt. Så att istället för att skjuva/trycka jorden framför sig skulle skoporna skära ned i marken med vassa sidokanter. Då skulle det troligtvis gå att göra en godkänd punkt med ett lägre tryckbehov. En sådan design har dock svagheten att en vass kant slits ned fort och måste underhållas/bytas ofta. Det kan också bli svårigheter med en skärande design på marker med lite jord där det vore bra att kunna "skrapa ihop" jord.

Ett nytt framtida testbänksaggregat som jobbar på liknande sätt bör ha hydraulmotorer som driver skoporna då hydraulmotorer jobbar både jämnare och kan styras enklare och mer precist än den nuvarande utformningen. Ett styrsystem som är kopplat till en dator är nödvändigt för att kunna programmera in de komplexa rörelser som aggregatet behöver göra för att kunna arbeta ordentligt. Sedan bör ett mer automatiserat styrsystem sättas in för att minska tidsåtgången och för att göra konceptet mer användarvänligt.

Ett tvåhövdat inversmarkberedningsaggregat har viss potential särskilt om det också kan höglägga. Dock gör den relativt låga prestationen att det får svårt att konkurrera med kontinuerligt framryckande maskiner. Men på hyggen som är brokiga eller där låg markstörning är viktigare än hög prestation (se Ersson 2014) kan det finnas en marknad.

## 5.5 Slutsatser

Testbänksaggregatet var underdimensionerat och tryckmätningarna kunde därför inte ge svar på vilket tryck som behövdes för att göra godkända planteringspunkter vid olika hinderklasser. Aggregatet jobbade oftast på maxtryck, undantaget var när det jobbade med en grundare inställning och inte gick på något hinder

Ett markberedningsaggregat bör inte markbereda djupare än 20 cm. Detta för att kraftbehovet blir betydligt högre och att standarden vi använder för att karaktärisera marken inför markberedning inte mäter djupare än 20 cm ner i marken. Risken för att plantörerna planterar i gropan eller i fåran ökar om det markbereds djupare än 20 cm (Norlander m.fl. 2007). Det noterades även i denna studie att testbänken stötte på fler hinder när den arbetade djupare.

Skoporna i studien var stora och hade långa grävtänder för att kunna slita av humuslagret. Skopornas utformning i kombination med testbänkens arbetssätt krävde mycket kraft och energi.

Aggregatet har en markpåverkan som är relativt låg, ca 20 %. Med tanke på att testbänksaggregatet endast klarade högläggning och inte inversmarkberedning, så är resultatet ganska lovande ur ett markstörningsperspektiv. Om aggregatet hade klarat att lägga tillbaka högen i gropan, så skulle markstörningen troligen kunna ha minskat till 12 % (störd yta 16 % - högen 4 %, se Tabell 2).



## 6. SAMMANFATTNING

Inversmarkberedning görs idag till största delen med kranspetsmonterade aggregat och har därför låg prestation. För att kunna göra ett mer konkurrenskraftigt aggregat behövs en ökad prestation. Ett sätt att öka prestationen är att göra ett tvåhövdat markberedningsaggregat som kan genomföra inversmarkberedning samt högläggning. Detta examensarbete hade som syfte att utvärdera en tvåhövdat testbänk med inversfunktion som även är tänkt att klara högläggning. Det som skulle utvärderas var karaktären på markberedningspunkterna, markberedningsresultatet samt mäta tryckbehovet för att göra en godkänd planteringspunkt vid varierande hinderkvot. Detta för att i framtiden kunna producera ett konkurrenskraftigt kranspetsmonterat inversmarkberedningsaggregat.

Studien genomfördes i Småland på ett planerat industriområde utanför Alvesta. Marken som användes var en typisk moränmark med mycket sten i marken. Studien omfattade 29 kranstoppsplatser på skogsmark som hade valts ut i förväg och markerats. Vid dessa platser hade data om markförhållandena enligt terrängtypschemat samlats in. Ett antal kranstoppsplatser kördes även på mark utan fältskikt. Hela maskinkörningen filmades för att vara till hjälp vid dataanalysen.

Aggregatet klarade inte av att inversmarkbereda utan det blev högläggning istället. Arean på den störda ytan blev i medeltal  $82\text{dm}^2$  för de grunda punkterna och  $87\text{dm}^2$  för de djupa punkterna. Högarnas area var  $20\text{dm}^2$  på både djupa och grunda punkter. Aggregatets markpåverkan var 16 % beräknat på 2000 plantor/hektar. Den hade potential att klara 12 % om inversen hade utförts ordentligt. Andelen godkända planteringspunkter var 55 % vilket var acceptabelt med tanke på att testbänken hade ett ofärdigt arbetssätt. Resultaten visade också på ett samband mellan högre hinderkvot och lägre andel godkända planteringspunkter.

I början av studien noterades det att aggregatet, trots att det inte fanns några hinder, jobbade på ett konstant maxtryck när skoporna grävde i marken. Detta tydde på att testbänken var för svag. Med en grundare inställning blev tiden aggregatet var uppe på maxtryck kortare. Det resulterade även i att aggregatet påverkades mindre av markens hinder. För att testa aggregatets effektivitet gjordes även en tidsstudie där aggregatets tidsåtgång vid olika grader av hinder jämfördes. Min hypotes var att en högre svårighetsgrad skulle resultera i en högre tidsåtgång. Resultatet stödde hypotesen men stödet var väldigt svagt.

En av slutsatserna från studien är att målsättningen vid markberedning borde vara att göra så grunda markberedningspunkter som möjligt, eftersom det resulterar i ett lägre kraftbehov, att aggregatet störs mindre av hinder, samt att det leder till en lägre markpåverkan.





## 7. REFERENSLISTA

### 7.1 Publikationer

Akselsson, C., Westling, O., & Örlander, G. (2004). Regional mapping of nitrogen leaching from clearcuts in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 202(1), 235-243.

Andersson, G., & Brunberg, T. (1991). Underlag för produktionsnormer för buren högläggare Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Redogörelse nr 4.

Berg, S. (1995). Terrängtypsschema för skogsarbete. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Spånga.

Bäcke, J. , Larsson, M. , Lundmark, J-E. & Örlander, G. 1986. Ståndortsanpassad markberedning: teoretisk analys av några markberedningsprinciper. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Redogörelser nr 3.

Brunberg, B., & Fries, C. (1985). Högläggning med grävmaskin. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Kista. Resultat nr 16.

Eriksson, O. & Raunistola, T. (1990). Impact of soil scarification on reindeer pastures. *Rangifer*, 10(3): 99-106.

Ersson, B.T. (2014). Concepts for mechanized Tree Planting in Southern Sweden. SLU. Avhandling nr 2014:76

Ersson, B.T. (2015). Första fältstudie av testbänken ”tvåhövdad Karl-Oskar”: ett tvåhövdad hängande aggregat med inversfunktion. Skoglig service, Södra skog Rapport S056.

Ersson, B.T. & Petersson, M. (2013). Återinventering av 2010 års maskinplanteringar – 3-års uppföljning. Skoglig service, Södra Skog. Rapport S048.

Ersson, B.T., Cormier, D., St-Amour, M., & Guay, J. (2017). The impact of disc settings and slash characteristics on the Bracke three-row disc trencher's performance. *International Journal of Forest Engineering*, 28(1): 1-9.

Fröjd, C. D., & Norman, P. (2007). Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark. Skogsstyrelsen.

Hjorth, I. (2011). *Ekologi -för miljöns skull*. Liber AB: Stockholm. 1: a upplagan. ISBN: 978-91-47-05104-5

Johansson, M. (2016). Markberedning i brant och stenig terräng: en jämförande

studie mellan markberedning med harv, grävmaskin och spadförsedd skördare. Examensarbete Umeå: SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi.

Karlsson, J. (2016). Högläggning eller harvning: En jämförande studie av planteringspunkter och markpåverkan vid olika terrängförhållanden. Växjö: Linné universitetet. Rapport, Institutionen för skog och träteknik.

Löf, M., Ersson, B. T., Hjältén, J., Nordfjell, T., Olet, J. A., & Willoughby, I. (2015). Site Preparation Techniques for Forest Restoration. In: Restoration of Boreal and Temperate Forests, 13, 85. ISBN: 978-1-4822-1197-9

Löfgren, S., & Westling, O. (2002). Modell för att beräkna kväveförluster från växande skog och hyggen i Sydsverige. Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet

Magnusson, T. (2009). *Skogsskötselserien: Skogsbruk, mark och vatten*. Skogsstyrelsen.

Mattsson, L., & Li, C. Z. (1994). How do different forest management practices affect the non-timber value of forests?—an economic analysis. *Journal of Environmental Management*, 41(1): 79-88.

Nordlander, G., Örlander, G., Peterson, M., & Hellqvist, C. (2007). Skogsskötselåtgärder mot snytbagge. SLU. Webbhandbok. Tillgänglig på: [http://snytbagge.slu.se/attachment/snytbaggehandbok\\_v1\\_3.pdf](http://snytbagge.slu.se/attachment/snytbaggehandbok_v1_3.pdf) [2017-12-19].

Normark, E. & Norr, M. (2002). EcoPlanter - sammanställning av ett utvecklingsprojekt. Skogsvårdsavdelningen, Holmen Skog.

Petersson, M. & Lindén, M. (2010). Markberedningsstandard för plantering. Södra Skog. Växjö.

Rantala, J., Harstela, P., Saarinen, V-M. & Tervo, L. (2009). A techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. *Silva Fennica* 43(4): 659–667.

Ring, E & Höglblom, L. (2006). Mindre läckage av nitratkväve efter markberedning. Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 21.

Saksa, T., Tervo, L. & Kautto, K. (2002). Forest regeneration and slash. The Finnish Forest Research Institute (Metla), Research Papers 851. ISBN 951-40-1831-1.

Skogsstyrelsen (2014). Skogsstatiska årsboken. Jönköping: Skogsstyrelsen. Redaktör: Linn Christiansen ISBN: 978-91-87535-05-5

Sjögren, V. (2013). Naturlig förnygring efter markberedning med harv eller Bracke Planter i Småland. Examenarbete. Umeå: SLU, Institutionen för skoglig ekologi och skötsel.

Sundblad, L-G. (2008) Kontinuerlig inversmarkberedning – ett utvecklingsprojekt med potential. Uppsala: Skogforsk Resultat nr 6.

Sundblad, L-G. (2009). Grävmaskinburet aggregat klarar både inversmarkberedning och högläggning. Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 11.

## **7.2 Internetdokument**

Länk A: <http://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/planera-och-forbered-foryngringen/markberedning/> (Tillgänglig 2017-01-31).

Länk B: Sundblad, och Hajek, (2015). Inversmarkberedning ett bra alternativ till harv. Skogforsk Nr 88:2015  
[http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2015/invers\\_alternativ\\_till\\_harv/](http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2015/invers_alternativ_till_harv/) tillgänglig: 2017-02-07.

## **7.3 Personlig kommunikation**

Alakorpi. J. Technical sales manager, Bracke Forest. 2017-04-30.

# BILAGA 1

Blanketten som användes för datainsamlingen till karaktäriseringen utav markberedningspunkterna.

		Planteringspunkten (cm)							Storleken på den störd ytan			
Kranstops-punkt	Planterings-punkt	Godkänd planterings-punkt?	Höjd	Bredd	Längd	Planterings-punktens höjd över mark	Minimumavstånd från planteringspunkten till humuskant	Tjocklek på begravt humusskikt	Höjd mellan högens topp och botten (cm)	Max-längd (cm)	Max-bredd (cm)	Ytskiktets komposition

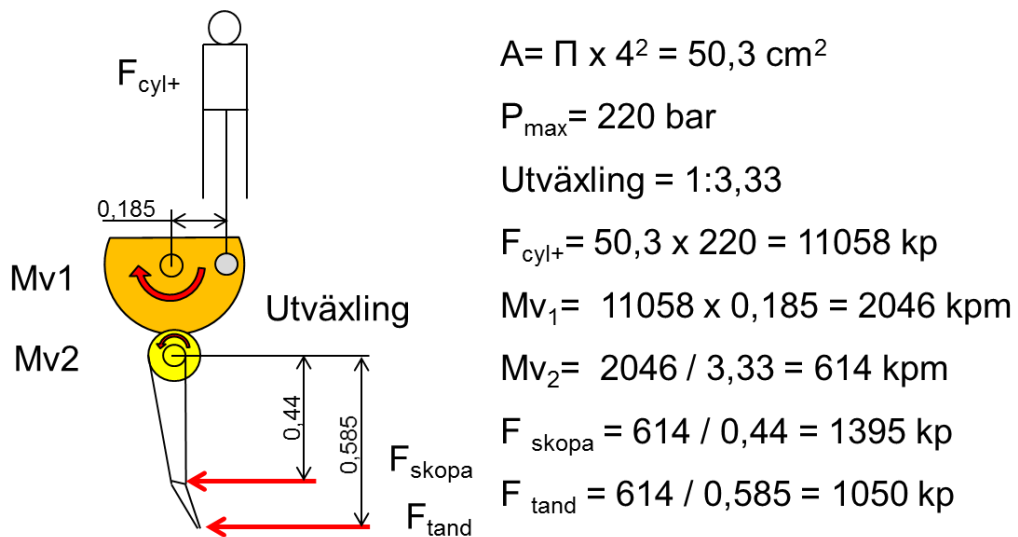
## BILAGA 2

Formeln för hur kraften beräknades med hjälp av hydraultrycket (Jukka Alakorpi, Bracke Forest, 2017-04-30). Förklaring på några av måtten:

A= arean på cylinderstången;  
 $P_{\max}$ = det maximala hydraultrycket;  
 F= den maximala erhållna kraften;  
 Mv= det maximala erhållna vridmomentet;  
 kp= kilopond;  
 kpm=kilopondmeter.

Kilopond är en gammal måttenhet för kraft och motsvarar 9,8 N.

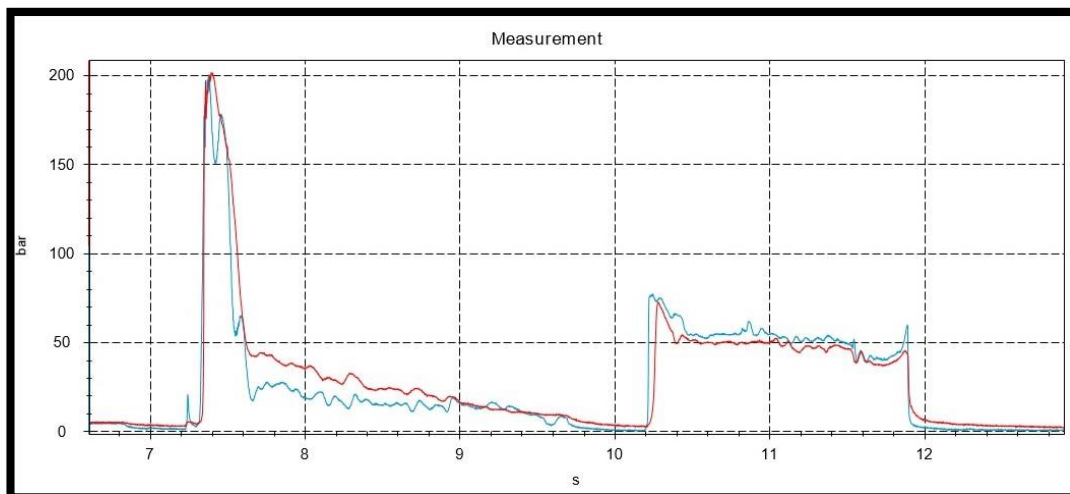
Kilopondmeter är en gammal måttenhet för vridmoment och motsvarar 9,8 Nm.



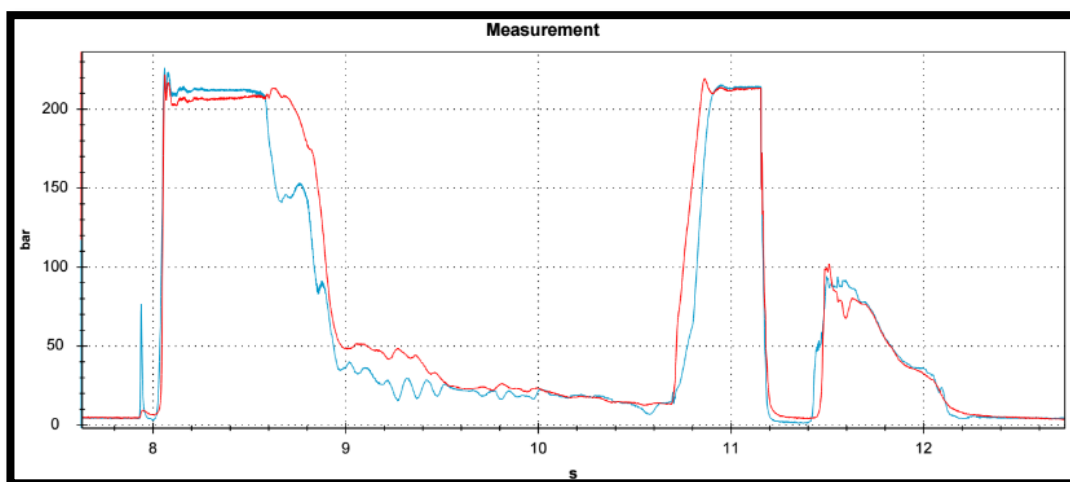
Källa: Jukka Alakorpi 2017-04-30

## BILAGA 3

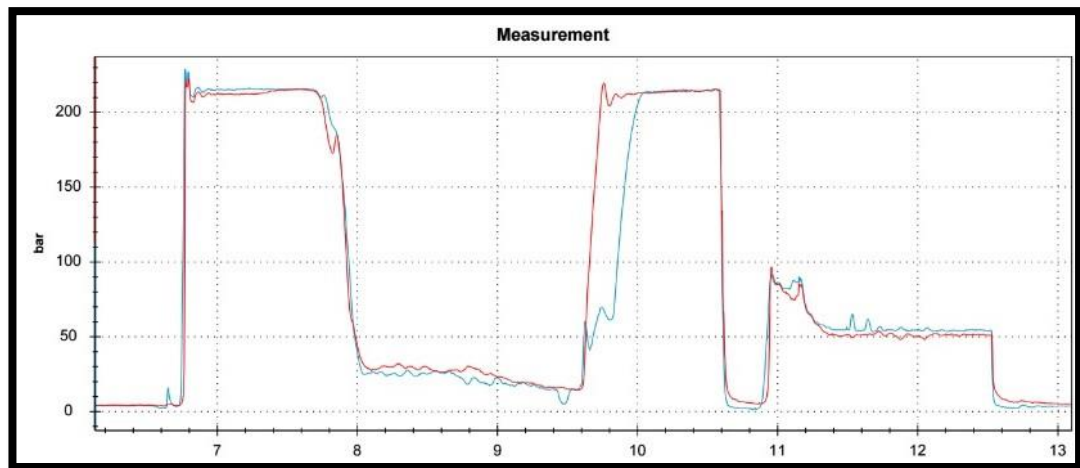
Olika exempel på mätcyklar från mätningen av hydraultrycket. En kurva representerar trycket som en skopa behövde för att gräva i marken. Varje kurva representerar en skopa. Källa till samtliga bilder: Jukka Alakorpi, Bracke Forest, 2017-04-30.



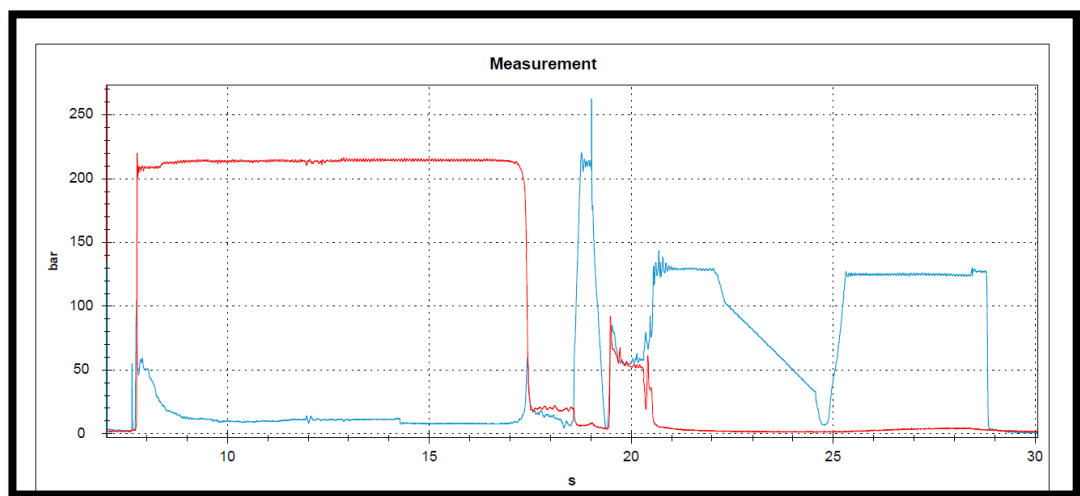
Typisk mätcykel på skogsmark med grundare inställning.



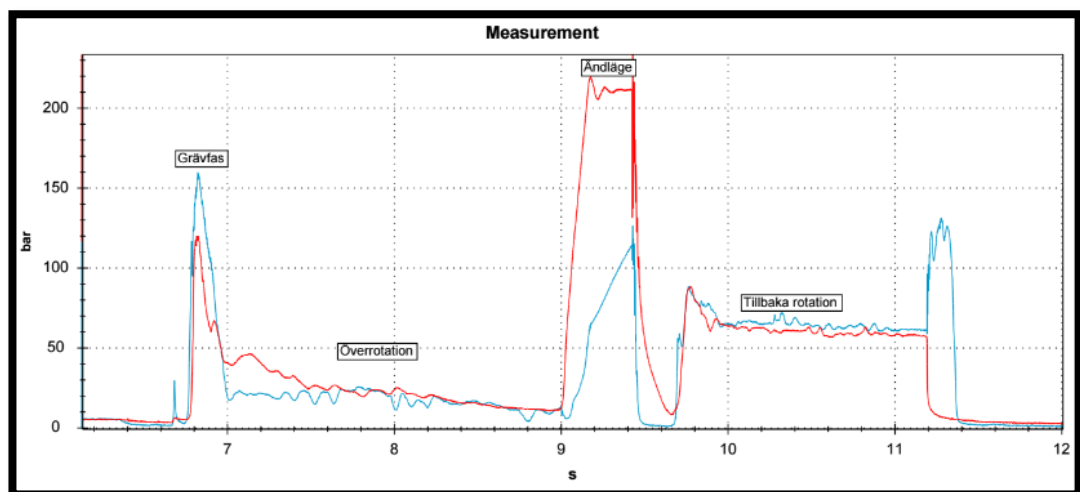
En typisk mätcykel på skogsmark med den djupare inställningen



Typisk mätcykel från marken utan humusskikt med den djupare inställningen.



En mätning där ena skopan fastnade i ett fast hinder och den andra gick fritt i marken utan hinder.



En mätning där aggregatet inte behövde använda sin maximala hydraulkapacitet för att utföra grävmomentet.